

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ПЕРЕВІРКИ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ В УМОВАХ ТРАНСОКЕАНСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

The paper presents the features of determining the frequency of inspection of ship equipment in transoceanic transportation model for the development of the operation of ship equipment for transoceanic freight traffic.

Keywords: operation, Marine Equipment, model performance.

**Вступ.** Завдання щодо забезпечення технічної можливості використання флоту прийнято поділяти на три характерні групи:

забезпечення постійної готовності функціональних комплексів до використання та ефективного їх функціонування;

підтримання працездатності функціональних комплексів;

відновлення працездатності та ресурсу функціональних комплексів.

Вирішення зазначених груп завдань технічної експлуатації суднового обладнання здійснюється на відповідних етапах технічного використання, обслуговування та ремонту. При цьому цільове використання та технічна експлуатація суднового обладнання повинні розглядатися як дві фази одного етапу стадії експлуатації.

**Основна частина.** У найбільш загальному вигляді процес управління технічним станом суднового обладнання можна подати наступним чином. У якості об'єкта управління виступають технічні засоби судна. Під впливом умов технічного використання змінюється технічний стан обладнання, що фіксується за допомогою контрольованих вихідних показників стану обладнання. Підтримання і відновлення технічного стану обладнання здійснюється шляхом впливу на відповідні режимні та матеріально-структурні параметри обладнання при технічному обслуговуванні та ремонті.

Першим кроком процесу управління слід вважати перевірку технічного стану обладнання, яка здійснюється членами команди та працівниками берегових служб у формі оперативного централізованого контролю параметрів функціонування, періодичного огляду окремих машин та агрегатів, теплотехнічних та динамометричних випробувань, технічного діагностування, дефектації, інспекторських оглядів та освідчень. Оцінка технічного стану обладнання здійснюється з урахуванням діючих нормативних вимог.

При оперативному управлінні технічним станом обладнання прийняття рішення здійснюється з урахуванням вимог щодо заданих критеріїв працездатності обладнання. Оперативні рішення визначають необхідний обсяг технічного обслуговування за станом або ремонту, а також можливі впливи на умови технічного використання суднового обладнання.

Прийняття статистичного рішення здійснюється на основі оцінки параметричної надійності, одержаної у результаті аналізу надійності за вимірами окремих параметрів та оцінки поступових відмов однотипного суднового обладнання. При цьому враховуються вимоги критеріїв параметричної надійності. Статистичні рішення передбачають періодичне виконання певного обсягу регламентного технічного обслуговування та регламентованого ремонту, створення комплектів судових та базових (берегових) ЗІП заданої номенклатури та обсягу, а також заходи щодо покращення умов технічного використання обладнання.

Розглянутий процес управління технічним станом суднового обладнання є замкнутим. Вихідні показники технічного стану обладнання та його елементів залежать від характеру та обсягу виконаних робіт щодо технічного обслуговування та ремонту, покращення умов технічного використання, а останні, у свою чергу, визначаються на основі оцінки технічного стану.

Для правильної організації процесу управління технічним станом суднового обладнання необхідно знати характеристики об'єкта управління, які пов'язують контрольовані вихідні показники технічного стану з умовами технічного використання та враховують матеріально-структурні параметри обладнання. При цьому встановлення основних режимів та схем перевірки технічного стану обладнання є самостійною задачею.

Ефективність технічного обслуговування та перевірки суднового обладнання та загальний рівень його метрологічної надійності залежать від періодичності проведення робіт, обсягу перевірки, глибини регулювання, точності обладнання, яке використовується для перевірки технічного стану, кваліфікації персоналу. Особливістю експлуатації суднового обладнання при трансокеанських перевезеннях є неможливість здійснення кваліфікованого технічного обслуговування (ремонту) протягом тривалого часу та тривала робота обладнання у несприятливих умовах. Тому актуальною є задача визначення такого порядку технічного обслуговування, при якому забезпечується необхідний рівень надійності обладнання при мінімальних витратах. За умови збереження незмінними працевитрат та обладнання для проведення технічного обслуговування обладнання судна, що є характерним для трансокеанських рейсів, задача оптимізації складу технічного обслуговування зводиться до визначення комплексу його характеристик, за якого коефіцієнт готовності до застосування обладнання буде мати максимальне значення.

Періодична перевірка суднового обладнання проводиться через визначені міжповірочні інтервали, які встановлюються виходячи з необхідності забезпечення безвідмовної роботи обладнання у міжповірочний період (під час рейсу). Загальний підхід до визначення міжповірочних інтервалів заснований на урахуванні досягнутого рівня надійності суднового обладнання, інтенсивності його використання, а також значимості точності вимірювань для споживача.

При техніко-експлуатаційному підході, який заснований на встановленні та забезпеченні припустимого значення обраного показника стану обладнання, міжперевірочні інтервали визначаються виходячи з умови

$$P(\tau_{\text{ми}}) \geq P(\tau_{\text{ми}})_z, \quad (1)$$

де  $P(\tau_{\text{ми}})$  – значення показника стану суднового обладнання;

$P(\tau_{\text{ми}})_z$  – задане значення показника стану обладнання.

У якості показника стану суднового обладнання можна скористатися коефіцієнтом готовності  $K_2$  або ймовірністю відсутності відмови обладнання за час міжповірочного інтервалу  $P_m(\tau)$ .

У даному випадку під  $K_2$  розуміється ймовірність перебування обладнання у працездатному стані у будь-який момент часу (крім періоду планового технічного обслуговування та планового ремонту). На основі статистичних даних  $K_2$  може бути визначено за виразом:

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}}{nT_e}, \quad (2)$$

де  $T_{pi}$  – сумарний час перебування  $i$ -го зразка обладнання у працездатному стані;

$n$  – кількість зразків обладнання;

$T_e$  – тривалість експлуатації зразка обладнання (за виключенням простоїв на проведення планових ремонтів та технічного обслуговування).

Працездатність обладнання визначається, як такий його стан, за якого воно може виконувати свої функції з параметрами, які задовольняють умовам технічної документації. При цьому, якщо зразок обладнання припиняє виконувати хоча б одну з покладених на нього функцій через поломку, то можна вести мову про *явну відмову* обладнання. У випадку ж, коли зразок обладнання виконує свої функції, але при цьому один чи декілька контрольованих елементів виходять за межі припустимих значень, то можна говорити про наявність *прихованої відмови*. Тому ймовірність безвідмовної роботи зразка обладнання  $P_m(\tau)$  протягом заданого часу у загальному випадку визначається за виразом

$$P_m(\tau) = \exp[-(\lambda_y + \lambda_n)\tau], \quad (3)$$

де  $(\lambda_y + \lambda_n)$  – сума інтенсивності явних та неявних відмов зразка обладнання [1].

Тривалість міжперевірочного інтервалу зразка обладнання можна визначити виходячи з необхідності забезпечення заданого значення коефіцієнта готовності  $K_{2,3}$ :  $K_2(\tau_{\text{ми}}) \geq K_{2,3}$ . При цьому для визначення

величини  $K_z(\tau_{mni})$  можна скористатися виразом, одержаним у [2]:

$$K_z = \frac{e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}}}{1 - e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}}} \dots$$

$$\left( 1 - e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}} \right) \left( e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}} + \frac{\tau_{mni}}{T_{0M}(1-\beta)} \right) + \left( \frac{1 - e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}}}{1-\beta} \beta + 1 \right) \frac{\tau_n}{T_{0M}} +$$

$$\dots + \left( 1 - e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}} + \alpha e^{-\frac{\tau_{mni}}{T_{0M}}} \right) \frac{\tau_6}{T_{0M}} \quad (4)$$

де  $\alpha, \beta$  – умовні ймовірності хибної та невідшуканої відмови обладнання;

$T_{0M} = \frac{1}{\lambda_M}$  – середнє напрацювання на відмову;

$\tau_n, \tau_6$  – середній час перевірки та відновлення обладнання.

При відомих значеннях параметрів  $\tau_n, \tau_6, \alpha, \beta, T_{0M}$  величина  $\tau_{mni}$ , яка задовольняє умові  $K_z(\tau_{mni}) \geq K_{z.3}$  може бути визначена на основі наступного ітераційного алгоритму:

1) обирається деяке початкове значення  $\tau_{mni}$  і за виразом (4) визначається значення  $K_z(\tau_{mni_i})$ ;

2) значення  $\tau_{mni_i}$  збільшується на величину  $\Delta\tau = \delta\tau_{mni_i}$ , де  $\delta$  – коефіцієнт, який визначає крок сканування, і для одержаного  $\tau_{mni_{i+1}}$  визначається  $K_z(\tau_{mni_{i+1}})$ ;

3) якщо  $K_z(\tau_{mni_i}) < K_{z.3}$  або  $K_{z.3} < K_z(\tau_{mni_i}) > K_z(\tau_{mni_{i+1}})$ , то значення  $\tau_{mni_i}$  збільшується з кроком  $\Delta\tau = \delta\tau_{mni_i}$  до такого першого значення  $\tau_{mni_{i=j}}$ , за якого  $K_{z.3} > K_z(\tau_{mni_{i=j}}) > K_z(\tau_{mni_{i=j+1}})$ . У цьому випадку  $\tau_{mni} = \tau_{mni_{i=j}} - \delta\tau_{mni_i}$ ;

4) якщо  $K_{z.3} > K_z(\tau_{mni_i}) > K_z(\tau_{mni_{i+1}})$ , то величина  $\tau_{mni}$  зменшується з кроком  $\Delta\tau = \delta\tau_{mni_i}$  до такого першого значення  $\Delta\tau = \delta\tau_{mni_{i=l}}$ , при якому  $K_{z.3} \leq K_z(\tau_{mni_{i=l}}) > K_z(\tau_{mni_{i=l-1}})$ . У цьому випадку  $\tau_{mni} = \tau_{mni_{i=l}}$ .

Приклад визначення міжперевірочного інтервалу суднового обладнання для початкових даних:  $T_{0M} = 10000$  год,  $\tau_n = 15$  год,  $\tau_6 = 20$  год,  $\alpha = 0,05$ ,  $\beta = 0,1$  при  $K_{z.3} = 0,96$  наведено на рис. 1.

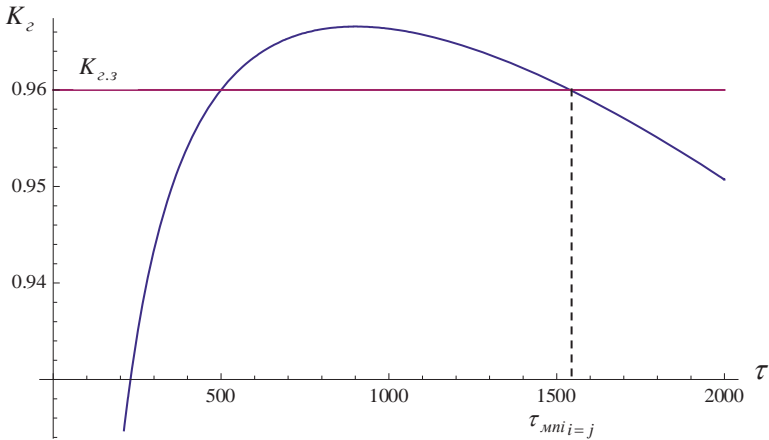


Рис. 1. Визначення міжперевірочного інтервалу за заданим коефіцієнтом готовності обладнання

Зазначена методика використовується у випадку, коли коефіцієнт готовності  $K_{2,3}$  є відомим. Але така ситуація є характерною лише для основних вузлів та пристроїв судна. Для багатьох зразків суднового обладнання  $K_{2,3}$  є невідомим. У цьому випадку для визначення міжперевірочних інтервалів виходять з необхідності забезпечення заданого значення ймовірності відсутності відмов обладнання на основі дослідження статистичних закономірностей експлуатації.

Наведена модель є достатньо грубою і вимагає апріорного знання багатьох характеристик обладнання, які, у більшості випадків, є стохастичними. Зазначені характеристики можуть бути отримані з статистичних даних експлуатації певних типів обладнання на основі аналізу результатів контролю працездатності обладнання. Разом з тим контроль працездатності обладнання дає змогу оцінити стан зразка обладнання лише у деякий момент часу  $t = t_K$ . В той же час існує необхідність забезпечення ефективної роботи обладнання протягом деякого скінченного проміжку часу  $\theta$ . Отже, з цієї точки зору, при організації контролю розгляду підлягає не лише теперішній момент  $t = t_K$ , а і майбутній період  $t_K \leq s \leq t_K + \theta$  стану зразка обладнання.

У такому випадку під придатним до виконання завдання будемо розуміти зразок суднового обладнання, який є працездатним у момент перевірки (контролю)  $t_K$  і не матиме відмов протягом заданого періоду до моменту  $t_K + \theta$ . При цьому можна ввести простір стану зразка обладнання  $\Omega$ , у якому виділити підпростір  $\Omega_0 \subset \Omega$  – як множину станів придатності до виконання завдання та підпростір  $\Omega \setminus \Omega_0$  – як множину станів непридатності.

Як показано у [3–5], фактично  $\Omega(t_k) \subset \Omega(t_k, \theta)$ , що визначає контроль працездатності як окремий випадок *прогнозуючого контролю*.

Після визначення області  $\Omega(t_k, \theta)$  для конкретизації задачі прогнозуючого контролю стосовно процесу експлуатації суднового обладнання кожній з елементарних подій  $\omega \in \Omega(t_k, \theta)$  необхідно поставити у однозначну відповідність деяку кількісну характеристику (ознаку стану об'єкта)  $e_\omega(s), t_k \leq s \leq t_k + \theta$ , яка являтиме собою реалізацію деякого випадкового процесу зміни стану зразка обладнання у часі. Таким чином моделлю об'єкта буде випадковий процес  $E(t)$  на інтервалі  $t_k \leq s \leq t_k + \theta$ .

Визначивши деяку область допуску  $E_0$  задача організації процесу експлуатації зразка обладнання полягатиме у тому, щоб будь-яка реалізація випадкового процесу  $E(t)$  не перетинала межі області допуску  $E_0$  на часовому проміжку  $[t_k, t_k + \theta]$ :

$$e_\omega(s) \in E_0, t_k \leq s \leq t_k + \theta. \quad (5)$$

У роботі [6] показано, що існує однозначний зв'язок між випадковим процесом  $E(t)$  та випадковою функцією  $T(e)$ , що дозволяє використовувати в моделях прогнозуючого контролю ймовірнісний опис функції  $T(e)$  замість початкового випадкового процесу  $E(t)$ . Таким чином, у задачі щодо визначення періодичності перевірок можна розглядати деяку скалярну випадкову функцію  $T_1(e)$ , яка визначатиме випадковий час до першого перетину випадковим процесом  $E(t)$  довільної поверхні, заданої значенням обмежень вектора  $e$ . Принцип визначення часу  $T$  для конкретного зразка обладнання ілюструється на прикладі реалізації скалярного процесу  $E(t)$  з областю допуску  $E_0 = [a, b]$  (рис. 2).

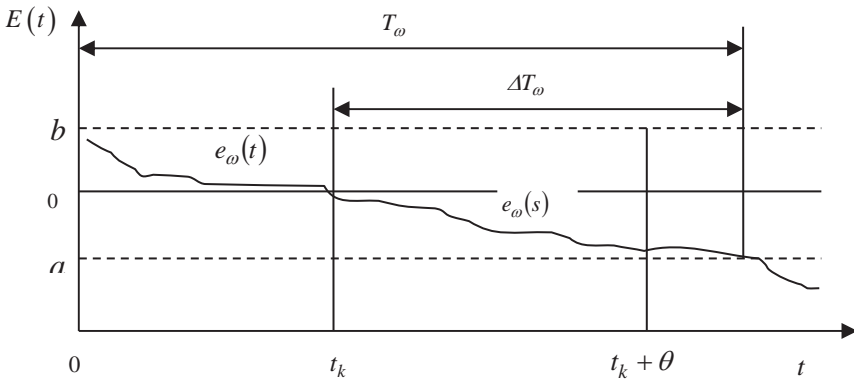


Рис. 2. Визначення часу безвідмовної роботи зразка обладнання

Визначивши залишок часу безвідмовної роботи зразка обладнання як  $\Delta T = T - t_k$ , правило визначення працездатного/непрацездатного станів (5) можна замінити на  $\Delta T_{\omega} > \theta$ , чим досягається суттєве спрощення вирішення задачі за рахунок зведення векторної задачі до скалярної.

**Висновки.** Враховуючи той факт, що при трансокеанських рейсах для значної кількості зразків обладнання міжперевірочні інтервали  $\theta$  є порівняними з часом експлуатації обладнання у рейсі, а умови експлуатації обладнання у кожному окремому рейсі можуть суттєво відрізнитися, виникає необхідність прогнозування поведінки характеристик суднового обладнання з метою недопущення виходу окремих параметрів за межі експлуатаційних допусків, що надає можливість розроблення моделі процесу експлуатації суднового обладнання при трансокеанських вантажних перевезеннях.

1. Научные основы эксплуатации войсковых средств измерений / Под. ред. А.Г. Фунтикова // – М.: Воениздат, 1988. – 240 с.
2. Сычев Е.И. Оценка влияния измерительного контроля на надежность технических систем / Е.И. Сычев // Надежность и контроль качества. – 1979. – № 10. – С. 12 – 18.
3. Кудрицкий В.Д. Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств/ В.Д. Кудрицкий. – К.: Техніка, 1982. – 168 с.
4. Атаманюк И.П. Полиномиальный стохастический алгоритм распознавания реализации случайной последовательности на базе аппарата канонических разложений / И.П. Атаманюк // Управляющие системы и механизмы. – 2009. – №5. – С. 37 – 40.
5. Атаманюк И.П. Информационная технология нелинейной стохастической диагностики технических объектов на основе канонического разложения случайной последовательности / И.П. Атаманюк // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 7 (59). – С. 154 – 158.
6. Мурашов Р.К. Прогнозування стану складних систем в сучасних системах управління та інтелектуальних інформаційних системах / Р.К. Мурашов, Ю.А. Дзюбенко // Управління розвитком складних систем. – 2011. – № 7.– С. 97 – 101.

*Поступила 14.10.2013р.*

УДК 681.6

А.А. Владимирский, И.П. Криворучко, Н.П. Савчук, А.А.Криворот,  
В.В. Папазов, П.Л. Щербаков, г. Киев

## **РАЗРАБОТКА РЕГИСТРАТОРА СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЯ СОСУДОВ ДАВЛЕНИЯ**

Test bench for testing pressure vessels is presented.

© А.А. Владимирский, И.П. Криворучко, Н.П. Савчук, А.А.Криворот,  
74 В.В. Папазов, П.Л. Щербаков